

日本人の皮膚老化に対するフラクショナル Q スイッチ Nd:YAG レーザーとフラッシュ

ランプの複合治療：有効性と安全性の検討

山住 賢司，大慈弥 裕之

福岡大学医学部形成外科学講座

日本人の複合的レーザー・光治療の有効性と安全性

# Combined Therapy Using Fractional Q-switched 1,064-nm Laser and Intense Pulsed Light for the Treatment of Japanese Photoaged Skin

YAMAZUMI Kenji, OHJIMI Hiroyuki

*Department of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery, Faculty of Medicine,  
Fukuoka University*

## Abstract

**Purpose:** Non-invasive skin rejuvenation treatments are preferred for Asians, who are particularly at risk of side effects; all population groups, however, require a series of treatments lasting for up to six months. We performed combined treatments using a laser and flash lamp to improve skin color and texture, while reducing side effects. We also evaluated the safety and effectiveness of these treatments.

**Subject and Methods:** A total of 25 patients, divided into two groups each with Fitzpatrick Skin Type classifications, were given a series of six treatments at 4 week intervals using a non-ablative fractional laser and flash lamp. Before and after receiving these treatments, patients were evaluated using a facial image analyzer and spectrophotometer: considered were skin tone and texture; spot number and size; pore number; and wrinkle fineness. Frequency of post-inflammatory hyperpigmentation

was determined visually.

Results: Treatments significantly improved spots, skin texture, and pores; fine wrinkling was only slightly improved. There was almost no change of skin color in the unspotted areas. Four patients showed mild post-inflammatory hyperpigmentations.

Conclusion: Safety and effectiveness of these treatments, combined with its reduced side effects, makes it an effective skin rejuvenation treatment for Asian patients.

Key words : Skin rejuvenation, Skin aging, Fractional photothermolysis, Q-switched laser, Intense Pulsed Light

要旨：

（目的）皮膚の色調と質感を改善し，副作用である炎症後色素沈着を予防する目的で，非侵襲的フラクショナルレーザーとフラッシュランプ光治療を組み合わせた複合的若返りレーザー治療を行った．治療前後における客観的および主観的評価を行い，有効性と安全性を検討した．

（対象と方法）35 歳以上の日本人女性 25 名を対象とした．Fitzpatrick Skin Type 分類により，Type III 群（12 名）と Type IV 群（13 名）の二群に分けた．治療は，非剥皮的フラクショナルレーザーとフラッシュランプ光をそれぞれ定期的に計 6 回顔面に照射した．治療前後に顔面画像解析装置と分光光度計を用いて，しみ，健常皮膚色，しわ，きめ，毛穴の客観的評価を行った．さらに炎症後色素沈着の有無を調査した．

（結果）複合的治療により Type III 群，IV 群ともにしみ，きめ，毛穴に関して有意な改善を認めた．しわも改善傾向を示したが，統計学的有意差は認めなかった．軽度の炎症後色素沈着を合計 4 名認めたが，半年以内に消退した．

（考察）表皮損傷なく真皮の治療を行う非剥皮的フラクショナルレーザーと，表皮の治療を行うフラッシュランプ光を組み合わせることで，皮膚の質感と色調を同時に改善させることが可能であった．本複合的治療は有効性と安全性が高く，日本人を含めたアジア人に有用な若返り治療法になると考えた．

キーワード：若返り治療，皮膚老化，フラクショナルレーザー，Q スイッチレーザー，光治療

(1) 別刷請求先 :〒814-0180 福岡市城南区七隈 7 丁目 45-1 福岡大学医学部形成外科  
学講座 山住賢司

Tel: 092-801-1011 (内線 2391) Fax: 092-801-7639 E-mail:

kenji.yamazumi@gmail.com

はじめに

皮膚は身体全体を覆う臓器であり、その老化には生理学的な老化のほか、紫外線など外部環境の影響による老化がある。<sup>1)</sup> 表皮基底層の色素細胞に紫外線が照射されることでメラニン顆粒の生合成が促進するが、特に露光部への長期曝露により、「しみ」と呼ばれる色素沈着（老人性色素斑）を生じやすい。<sup>2)</sup> また、皮膚表面には多数の細かい溝（皮溝）とその溝により多角形に区画された紋様があり、皮溝の深い部分に毛孔が開口する。この紋様は「きめ」と呼ばれ、表皮と真皮浅層の乳頭層の性状に一致し、身体部位ごとにほぼ均一で規則的な局面をなす。皮膚老化では皮膚の構造変化にともない全体的に菲薄化するが、表皮と真皮乳頭層の萎縮に伴いきめが不均一になり、皮溝内の毛孔が開大する。<sup>3)</sup> さらに真皮深層の網状層に構造変化をきたすと、皮膚の張力や柔軟性が低下する。この網状層の老化に加え、皮膚の支持組織である筋肉、靱帯、皮下脂肪などの結合組織や骨格の加齢変化に伴い、「しわ」や「たるみ」が生じる。<sup>1)3)</sup>

近年、このようなしみ、しわ、たるみに対する若返り治療（**Skin rejuvenation therapy**）として、レーザーやフラッシュランプ光（**Intense Pulsed Light**, 以下 **IPL**）などの機器を用いた非手術的治療が増加している。レーザーや **IPL** の光は、標的物質の分子に衝突して振動を生じ、熱エネルギーに変換される。若返り治療の多くは、この熱エネルギーを利用したものであり、1983 年に **Anderson** らが提唱した選択的光熱融解理論 **selective photothermolysis**（**SP** 理論）<sup>4)</sup> を基礎としている。この **SP** 理論により、標的物質と周囲の物質の光吸収率の差から標的の破壊に最適な波長を選択し、標的物質の熱緩和時間に応じて光の照射時間（パルス幅）を調整することで、理論上、周囲に熱影響を与えず標

的物質のみを選択的に破壊することができるようになった。<sup>4)</sup> 熱緩和時間とは、組織を加熱した際に、そこで吸収された熱の 50%が放熱されるまでの時間のことであり、熱緩和時間以下の照射時間であれば標的物質の周囲に熱影響を与えないとされている。<sup>5)</sup> 言い換えれば、熱緩和時間以上の照射時間に設定することで意図的に熱影響を与えることもできる。

きめ、小じわ、毛孔開大といった皮膚の質感 **Skin texture** の改善を目的とした治療はレーザーリサーフェシングと呼ばれ、この意図的な熱影響を利用している。この熱により変性したコラーゲンを修復・置換する過程で活性化した線維芽細胞により新たなコラーゲンの増生が起きる。<sup>5)6)</sup> その結果、真皮の厚みが増し、より正常な状態となることで、きめ、毛孔開大、小じわなど皮膚の質感改善が図られる。<sup>7)</sup> 皮膚の加熱により生じる真皮内の熱損傷に対する創傷治癒機転が惹起され、老化した表皮と真皮の一部を再生させ、皮膚構造の再構築を図る。当初、レーザーリサーフェシングには、炭酸ガスレーザーや **Er:YAG** レーザーなど水分への吸収率が高い波長のレーザーが用いられていた。照射した皮膚表面に吸収されたレーザーは熱に変化し、皮膚細胞を蒸散することができる。これにより皮膚表面を薄く剥皮し、再上皮化させることで若返りを図る方法である。<sup>8)9)</sup> これらは高い治療効果が得られる反面、術後合併症として発赤や炎症後色素沈着、脱色素といった色素異常、または肥厚性瘢痕などの合併症が生じる危険性が高いといった欠点がある。アジア人などの有色人種では、これらの合併症発現率が高いことから敬遠され、国内では普及しなかった。

1997 年に Goldberg らは **Q-switched Nd:YAG Laser** を用いた非剥皮的レーザーによる若返り治療を報告した。<sup>10)</sup> それ以降、ロングパルスアレキサンドライトレーザーやロ

ングパルス Nd:YAG レーザー, 色素レーザーなどの非剥皮的レーザーによるレーザーリサーフェシングが広くおこなわれるようになった.<sup>11)12)</sup> 非剥皮的レーザーは組織への損傷が少なく, 剥皮的レーザーに比べ低侵襲であるため, 副作用が少ないと考えられていた. しかし, この方法でも皮膚表面を面状に照射することには変わりはない. 照射部位の皮膚は全体的に熱作用が及び, 照射出力が高くなると剥皮的レーザーと同様に熱傷や色素沈着, 瘢痕化を生じやすい.

従来の面状照射に対し, 2004 年に Manstein らはフラクショナルレーザーの概念を発表した.<sup>13)</sup> これは fractional photothermolysis と呼ばれる理論に基づくもので, レーザー光線を多数の微細光に分割して点状に照射する方法である. この理論では皮膚を平面ではなく立体構造としてとらえており, 垂直方向に細く深くまで熱作用が及ぶ. その結果, 真皮内で立体的に膠原線維の再構築がおき, 有効なしわ改善が得られる. 加えて, 熱作用を受ける表皮の面積が少なく, 大半は無障害で残るため, 面状照射に比べて創傷治癒が早い. そのため, 色素沈着や瘢痕形成などの合併症の発生頻度を大幅に抑制できると考えられている. 発表当初, 開発されたフラクショナルレーザーは非剥皮的レーザーであったが, 現在では剥皮的レーザーも市販されている.

一方, しみなどの色調改善を目的とした治療では, メラニン顆粒の選択的破壊を目的とした治療が行われており, SP 理論に基づき, 600~1000nm 付近の波長光をメラニン顆粒の熱緩和時間である 50 ナノ秒よりも短い照射時間で照射することが有効とされている.<sup>4)5)</sup> そのため, レーザーによるしみ治療ではナノ秒単位の短い照射時間で巨大なピークパワーを発生することができる Q スイッチレーザーが広く用いられている. しかし, 瞬時



にメラニン顆粒を破壊できる利点を有する反面、照射面に強い衝撃波が生じてしまう。この衝撃波は照射された表皮表面を物理的に損傷し、痂皮形成をともしなう。そのため患者にはダウンタイムと呼ばれる日常生活の制限が生じる。美容医療では術後の腫脹や皮下出血、ガーゼの貼付といったダウンタイムの期間を可能な限り短縮することも求められる。

フラッシュランプ光を用いた治療は光治療とも呼ばれる。フラッシュランプ光は波長が単一でなく、照射時間がミリ秒単位と長く、ピークパワーが低い。メラニン顆粒を標的とした場合、周囲への放熱による熱作用が主となる。つまり、フラッシュランプ光によるしみ治療は、メラニン顆粒を過剰に含む表皮細胞の熱変性と、それに伴う表皮ターンオーバーの亢進によるものとされる。<sup>5)14)</sup> そのため、Q スイッチレーザーに比して治療効果が低くなるが、表皮表面の物理的損傷が軽微か伴わないため、ダウンタイムが短くてすむ。患者は照射当日から化粧可能である。

しみ治療のように表皮表面の物理的損傷をともしなう場合、表皮が再生する際に、照射面辺縁や照射面に残存する色素細胞が活性化し、メラニン顆粒の生合成が促進する。その結果、炎症後色素沈着と呼ばれる色素沈着をきたすことがある。<sup>15)</sup> Fitzpatrick Skin Type 分類<sup>16)</sup> では、人間の皮膚を色と紫外線に対する反応に応じて I ～VI の 6 型に分類し、アジア人は Type III（黄白色の皮膚で、日焼けで軽度発赤し、徐々に褐色変化する）、Type IV（淡褐色の皮膚で、日焼けで時々発赤し、褐色変化する）、Type V（褐色の皮膚で、日焼けによる発赤はごく稀であり、すぐに褐色変化する）の 3 型に分類される。炎症後色素沈着と同様、日焼けによる褐色変化もメラニン顆粒の生合成亢進にともしなう色素沈着である。そのため、褐色変化しやすいアジア人は、Q スイッチレーザー後に炎症後色素沈着

をきたしやすく，より副作用の頻度の低いフラッシュランプ光が好まれる傾向にある．

14)17)

今回，われわれは炎症後色素沈着などの副作用を生じやすい日本人に対し，安全で有効な皮膚若返り治療法を確立する目的で，非剥皮的フラクショナルレーザーとフラッシュランプ光を組み合わせた複合治療を行った．治療前後における皮膚の色調と質感の変化を，顔面皮膚画像解析装置ならびに分光光度計を用いて計測し，有効性を検討した．副作用についても検討した．また，患者へのアンケート調査も行った．客観評価と自覚評価について検討したので，報告する．

## 材料と方法

本研究は，福岡大学臨床研究審査委員会（福岡，日本）の承認を得た治療プロトコル（整理番号： 12-9-01 ）に基づいて行った．

### 1. 対象

顔のしわ，しみの患者のうち，本研究に同意した 35 歳から 65 歳までの健康な中年の日本人女性 25 名を対象とした（平均年齢  $45.0 \pm 6.0$  歳（mean $\pm$ SD））．肝斑，皮膚腫瘍，炎症性疾患を有する患者，ならびに本研究の治療開始 2 ヶ月前に美容医療を受けた患者は除外した．症例は Fitzpatrick Skin Type 分類に基づき，Type III 群（12 名）と Type IV 群（13 名）の二群に分けた（表 1）．

治療の対象部位は額を除いた全顔面とした．対象病変は，色素病変として老人性色素斑とくすみ，および皮膚の質感変化として小じわ，きめ，毛孔とし，顔面画像解析装置と分

光光度計を用いて評価した。

## 2. 治療方法

本研究では、治療器本体である複合型治療器（ Harmony XL; Alma Lasers Ltd., Israel ）とそれに接続する治療用モジュールを三種類使用した。本機は単体でレーザーとフラッシュランプ光の治療を行うことが可能である。使用した治療用モジュールは、非剥皮的フラクショナルレーザーを照射する Fractional Q-switched 1,064-nm Nd:YAG laser （ ClearLift™ module with the 5x5 pixel tip；同社）（以下 FQSW ），および波長を 570-950nm にカットオフしたフラッシュランプ光を照射する IPL （ AFT™ 570 SR module；同社）を使用した。補助治療として KTP レーザーと呼ばれる Q-switched 532-nm Nd:YAG laser （ ClearLift™ module with the KTP tip；同社）（以下 KTP ）を使用した。（表 2）

治療は IPL と FQSW を 4 週間隔で合計 6 回ずつ照射して行った。各回とも、まず IPL をパルス幅 15 msec，出力 16~18 J/cm<sup>2</sup> の設定で、一ヶ所に二発ずつ重ね打ちしながら額を除いた全顔面領域に照射した。出力は全例で 3 回目，5 回目の治療時に +2 J/cm<sup>2</sup> ずつ上げて照射した。次に FQSW を出力 1200 mJ/Pulse，4 Hz の設定で同部位に照射した。FQSW については、全領域を中顔面域と下顔面域をそれぞれ左右に分けた 4 区画とし、区画ごとに照射した。その際、各区域内で 1 ヶ所に 40 発ずつ重ね打ちを行い、区画全体が均一にびまん性紅斑を示し、皮膚表面温度が 38~39 度となることをエンドポイントとした。

また、初回治療 4 週後の診察で、色調の改善を示さなかった色素斑に対して KTP を出

力 500 mJ/Pulse の設定で一度スポット照射した（表 3，表 4）。

### 3. 評価方法

治療前および治療終了後 4 週目に，老人性色素斑，小じわ，きめ，毛孔を顔面画像解析装置と分光光度計を用いて計測し，治療前後の変化を検討した．また，スキンタイプⅢ群およびⅣ群間での治療効果ならびに合併症発生の差を比較検討した．加えて，治療後のアンケート調査も行った．

1) 顔面画像解析装置（VISIA Evolution；Canfield Scientific Inc., USA）による計測  
鼻稜部，顔面輪郭部，睫毛，鼻唇溝を除いた頬部領域を解析範囲に設定し，その領域内のしみ（Spots），しわ（Wrinkles），きめ（Texture），毛穴（Pores）の 4 項目について，スコアによる指数計測を行った．計測は初回治療前と最終治療後 4 週目に行った．治療前後の各スコアの変化について，有意水準 5%で両側検定の  $t$  検定を行った．

2) 分光光度計（Crystaleye；OLYMPUS Corp, Japan）による計測  
治療範囲内に存在する特定のしみ（Spots）において，皮膚色の明度（ $L^*$ ）を測定した．色素斑のない健常皮膚（Skin tone）についても計測した．計測は初回治療前と最終治療後 4 週目に行った．治療前後の  $L^*$  の変化について，有意水準 5%で両側検定の  $t$  検定を行った．

#### 3) 合併症

治療期間中に生じた熱傷，紅斑，炎症後色素沈着，色素脱失などの合併症の有無を調査した．

#### 4) アンケート調査

最終治療後 4 週目に患者を対象に行った。

しみ、くすみ、小じわ、きめ、張り、つや、毛穴、乾燥の 8 項目における治療効果について Numerical Rating Scale を用いて調査した。0～10 までの 11 段階の目盛りを入れたスケール上で、0 を「全く感じない」、5 を「変化なし」、10 を「非常によい」と付記し、患者自身の効果実感のレベルを数字で示してもらった。

## 結果

### 1. 顔面画像解析装置（表 5，図 1）

#### 1) しみ

「しみ」部位の治療前スコアは平均  $3.76 \pm 1.42$ （mean $\pm$ SD）であった。治療後、スコアは平均  $3.2 \pm 1.16$  となり統計学的に有意に改善した。スキンタイプ別に比較すると、Type III 群は治療前  $4.05 \pm 1.6$  から治療後  $3.21 \pm 1.3$ ，Type IV 群では治療前  $3.50 \pm 1.2$  から治療後  $3.20 \pm 1.07$  となり、両群ともに有意な改善を示した。しみの改善度は、Type III 群ではスコア上 20%の改善に対し、Type IV 群では 9%の改善であり、Type III 群においてより著明な改善を示した。

#### 2) しわ

「しわ」の治療前スコアは平均  $5.36 \pm 3.31$  であった。治療後、スコアは平均  $4.77 \pm 2.95$  となったが、統計学的に有意差は認めなかった。スキンタイプ別に比較すると、Type III 群は治療前  $5.29 \pm 3.1$  から治療後  $4.91 \pm 3.6$ ，Type IV 群では治療前  $5.43 \pm 3.6$  から治療後  $4.65 \pm 2.2$  となったが、両群ともに有意差は認めなかった。しわの改善度は、Type III 群で

はスコア上 7%の改善に対し，Type IV群では 14%の改善であり，Type IV群においてより著明な改善を示した．

### 3) きめ

「きめ」の治療前スコアは平均  $2.93 \pm 2.16$  であった．治療後，スコアは平均  $2.23 \pm 1.70$  となり統計学的に有意に改善した．スキンタイプ別に比較すると，Type III群は治療前  $2.96 \pm 2.5$  から治療後  $2.25 \pm 2.2$ ，Type IV群では治療前  $2.90 \pm 1.9$  から治療後  $2.28 \pm 1.5$  となり，両群ともに有意な改善を示した．きめの改善度は，Type III群ではスコア上 26%の改善に対し，Type IV群では 22%の改善であり，両群において同程度の改善を示した．

### 4) 毛穴

「毛穴」の治療前スコアは平均  $2.63 \pm 1.27$  であった．治療後，スコアは平均  $2.38 \pm 1.34$  となり統計学的に有意に改善した．スキンタイプ別に比較すると，Type III群は治療前  $2.79 \pm 1.3$  から治療後  $2.45 \pm 1.3$ ，Type IV群では治療前  $2.49 \pm 1.2$  から治療後  $2.32 \pm 1.4$  となり，両群ともに有意な改善を示した．毛穴の改善度は，Type III群ではスコア上 12%の改善に対し，Type IV群では 7%の改善であり，Type III群で高い改善を示した．

## 2. 分光光度計（表 6，図 2）

### 1) しみ（Spots）

しみは，Type III群，Type IV群ともに明るさが有意に改善した．Type III群の治療前の明度は  $54.3 \pm 5.2$ ，治療後は  $58.2 \pm 4.8$  と 7%の改善を認め，明るさの変化は有意であった．Type IV群では治療前  $54.5 \pm 3.4$ ，治療後  $57.9 \pm 3.6$  で 6%の改善を認め，この変化も有

意であった．

## 2) 健常皮膚色 ( Skin Tone )

健常皮膚の明るさは，Type III群，Type IV群ともに変化しなかった．Type III群の治療前の明度は  $63.1 \pm 3.2$ ，治療後は  $62.81 \pm 2.8$  と 0.5%の低下を示し，この変化は有意ではなかった．Type IV群は，治療前  $62.5 \pm 3.4$ ，治療後  $63.0 \pm 2.5$  と 0.8%上昇したが，この変化も有意差を認めなかった．

## 3. 合併症

治療期間中，25 例中 4 例 ( 16.7% ) に炎症後色素沈着 ( PIH ) が出現した．グループ別に見ると，Type III群 12 名中 1 名 ( 8% )，Type IV群 13 名中 3 名 ( 23% ) と Type IV群に多く認めた ( 表 7)．全例において，色素沈着は一過性で，最長 6 ヶ月以内に消退した．また，軽度湿疹 1 例を認めたが最長 3 日間で治癒した．他に重大な副作用の発現はなかった．

## 4. 治療後のアンケート調査

しみ，くすみ，小じわ，きめ，張り，つや，毛穴，乾燥の 8 項目全てにおいて，「変化なし」とする 5 点よりも高値 ( 改善 ) を示した．Type III群に比べ，Type IV群の方が，きめ，はり，つや，肌の乾燥の項目において高い評価であった．しみについては，Type III群で  $7.5 \pm 1.2$  点，Type IV群で  $7.5 \pm 1.9$  点，くすみについては Type III群で  $7.0 \pm 1.4$  点，Type IV群で  $7.5 \pm 1.7$  点であり，色調に関する項目における満足度が両群ともに高い傾向にあっ

た．一方，きめ，はり，つや，乾燥など肌質についての項目では，TypeⅣ群でそれぞれ  $7.6\pm1.5$ ， $7.4\pm1.8$ ， $7.2\pm1.6$ ， $6.6\pm1.9$  と Type Ⅲ群よりも高い傾向にあった．（図 3）

## 症例

### 【症例 1】37 歳，Fitzpatrick Skin Type Ⅲ

治療経過：下眼瞼周囲の細かいしわと頬部の毛孔開大の改善を認めた．3 回目と 4 回目の治療後，両頬部に小丘疹を伴う軽度湿疹が出現したが，自然経過のまま最長 3 日間で軽快した．（図 4）

### 【症例 25】63 歳，Fitzpatrick Skin Type Ⅲ

治療経過：老人性色素斑の改善と下眼瞼周囲の細かいしわ，きめの改善を認めた．合併症は特に認めなかった．（図 5）

### 【症例 18】46 歳，Fitzpatrick Skin Type Ⅳ

治療経過：下眼瞼周囲の細かいしわ，きめの改善を認めた．合併症は特に認めなかった．（図 6）

## 考察

### 1. 結果のまとめ

非剥皮的フラクショナルレーザーとフラッシュランプ光を組み合わせた複合治療を行い，



しみ、しわ、きめ、毛穴に対する客観的評価を行った。しみは顔面画像解析装置による評価で Type III群、Type IV群ともに有意な改善を認めた。分光光度計でしみの L\*（明るさ）の改善を認め、本治療法がしみに対して有効であることが示された。写真評価では、Type III群、Type IV群ともに皮膚色の改善を示す症例が多く見られた。また、患者アンケートによるしみ、くすみともに高い満足度が得られたものの、分光光度計での健常皮膚の色調改善は認められなかった。本治療のくすみに対する効果については、さらなる検討を要すると考える。

皮膚の質感に関しては、きめと毛穴ともには両群で有意に改善した。しかし、しわは両群とも改善傾向を示したが有意差は認めなかった。アンケートでも特に Type IV群で低い評価であった。しわは、きめに比べ、皮膚のより深層の構造変化を反映している。本治療法では、真皮浅層病変へは有効に作用してきめを改善できるが、真皮深層である網状層までは十分な作用が及ばないことが示唆された。

本治療での副作用として、炎症後色素沈着が最も多く、Type IV群では 23%に認めた。しかし、いずれも程度は軽く全例 6 ヶ月以内に軽快した。治療後に行ったアンケートでも、両群ともにしみ、くすみといった色調に関する項目において満足度が高かった。治療前のインフォームドコンセントをしっかりと行っていれば、炎症後色素沈着が問題になることはないと考えた。

## 2. 色素病変治療について

今回の治療で用いたフラッシュランプ光はメラニン顆粒の光吸収率が高い波長帯にカットオフした光であり、良好な治療効果を示した。さらに、補助的に KTP レーザーと呼ば

れる 532nm Q スイッチ Nd:YAG レーザーのスポット照射を行うことで、より高い治療効果を得ることができた。このレーザーも今回の治療で用いた治療機器で照射することができるため、簡便に治療することができた。

### 3. フラクショナルレーザーについて

今回使用したフラクショナル Q スイッチ Nd:YAG レーザーはこのような皮膚の質感改善を目的として開発された新しい非剥皮的フラクショナルレーザーである。従来、主に刺青治療に用いられてきた Q switched 1064nm Nd:YAG laser を 5×5 列の合計 25 本の細かな光束に分割してフラクショナルレーザーとしたものである。Q スイッチ Nd:YAG レーザーの 1064nm の波長は深達性に優れ、標的物質のメラニン顆粒への吸収率が高くないことから、真皮層まで到達する光強度が高いという特徴を有する。加えて、今回用いたレーザー光は焦点を表皮表面から 100 μm の深さに設定することで、表皮を損傷せずに真皮層までの到達度を高める工夫がなされている。<sup>18)</sup> また、Q スイッチレーザーはそのエネルギーを短い照射時間に高いピークパワーで照射するが、フラクショナルレーザーとして 25 分割することで各光線のエネルギーは低くなる。低エネルギーのレーザー光は真皮内でメラニンに吸収されて加熱するが、メラニンの温度は破壊の閾値まで到達せず、周囲組織へ熱拡散する。ただし、短い照射時間のため、熱拡散する範囲は狭く、過度の熱損傷は起こりにくいため、ダウンタイムがほとんどなく治療を行うことができたと考える。

今回の治療において画像解析を行ったきめと毛穴は有意な改善を示したが、しわについては有意差を認めなかった。今回用いた顔面画像解析装置でのしわ計測は、しわに対して斜めから光を当てて生じる陰影とその周囲の色調とのコントラスト比でしわを認識するた

め、陰影が生じやすい比較的大きなしわを対象としている．そのため、陰影を生じにくい細かいしわは認識されにくく、今回視診上しわの改善を認めながら客観的評価で有意差を認めなかった原因と考える．

#### 4. 合併症について

合併症として軽度ではあるが炎症後色素沈着を認めた．多くが Fitzpatrick Skin Type III～V の **darker skin** に分類される日本人において、レーザー・光治療を行う際に頻度の高い合併症である．今回の治療では対象者それぞれの反応に応じた機器設定の調整を行わず、一定の設定における反応を計測・評価した．特に IPL では階段状に出力を上げたことで、対象者によっては過強の出力条件となり、その加熱作用が色素斑周囲の皮膚にも炎症を惹起し、色素沈着を起こしたと考える．皮膚色がより濃い **Type IV** 群に色素沈着が多かったことから、このことが示唆される．患者ごとに皮膚の反応に応じて設定を調整することで、より安全に治療することができると考える．

#### 5. 複合治療について

今回、表皮を損傷せずに真皮層まで到達するフラクショナル **Q** スイッチ **Nd:YAG** レーザーと表皮のメラニン顆粒を標的としたフラッシュランプ光を同時期に照射する複合治療を行った．それぞれの標的を損傷し合うことがないため、各治療を妨げることなく、真皮と表皮の治療を同時に行うことができ、効率的な組み合わせといえる．その結果、**Type III** 群、**IV** 群ともにダウンタイムを生じさせることなく、しみときめ、毛穴の改善を得た．しかし、一回の治療効果が低いため、治療効果を得るまでに複数回の治療と長期の治療期間を要した．**Fitzpatrick Skin Type III～V** のような皮膚色調が濃い人種では、炎症後色

素沈着のリスクから、高出力もしくは剥皮的な治療は行いにくい。そのため、本治療法は日本人を含めたアジア人に適した若返り治療といえる。

## まとめ

若返り治療を目的に、表皮を損傷させずに真皮の治療を行うフラクショナル Q スイッチ Nd:YAG レーザーおよび表皮のメラニン性色素異常を主な対象としたフラッシュランプ光を同時期に照射する複合的治療を行った。Type III群，IV群ともにダウンタイムを生じさせることなく、しみときめ，毛穴の改善を得た。しかし，一回の治療効果が低いため，治療効果を得るまでに複数回の治療と長期の治療期間を要した。Fitzpatrick Skin Type III～Vのような皮膚色調が濃い人種では，炎症後色素沈着のリスクから，高出力もしくは剥皮的な治療は行いにくい。本治療法は日本人を含めたアジア人に適した若返り治療と考える。

## 文献

- 1) 吉村浩太郎：皮膚アンチエイジング治療の考え方：治療法の選択．形成外科 48 増刊号：S29-S33, 2005.
- 2) 錦織千佳子：紫外線と光防御．宮地良樹・松永佳世子・古川福実・宇津木龍一（編）：美容皮膚科学，pp.27-35，南山堂（東京），2005.
- 3) 今山修平：真皮結合組織の機能と構造．宮地良樹・松永佳世子・古川福実・宇津木龍一（編）：美容皮膚科学，pp.44-55，南山堂（東京），2005.
- 4) Anderson RR, Parrish JA : Selective photothermolysis ; Precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. Science, 220 : 524-527,1983.
- 5) 宮田成章：イチからはじめる美容医療機器の理論と実践，全日本病院出版会（東京），2013.
- 6) Goldberg DJ : Non-ablative subsurface remodeling: Clinical and histologic evaluation of a 1320-nm Nd:YAG laser. J Cutan Laser Ther. 1 : 153-157, 1999
- 7) Gold MH, Sensing W, Biron J : Fractional Q-Switched 1,064-nm Laser for the Treatment of Photoaged-Photodamaged Skin. J Cosmet Laser Ther 16 : 69-76, 2014
- 8) Fitzpatrick RE, Goldman MP, Satur NM, Tope WD : Pulsed carbon dioxide laser resurfacing of photo-aged facial skin. Arch Dermatol. 132 : 395-402, 1996.
- 9) McDaniel DH, Ash K, Lord J, Newman J, Zukowski M : The erbium: YAG laser: a review and preliminary report on resurfacing of the face, neck, and hands. Aesthet Surg J 17 : 157-164, 1997.

- 10) Goldberg DJ, Whitworth J : Laser Skin Resurfacing with the Q-switched Nd:YAG Laser. Dermatol Surge 23 : 903-906, 1997.
- 11) Trafeli JP, Kwan JM, Meehan KJ, Domankevitz Y, Gilbert S, Malomo K, Ross EV : Use of a long-pulse alexandrite laser in the treatment of superficial pigmented lesions. Dermatol Surge 33 : 1-6, 2007.
- 12) Schmults CD, Phelps R, Goldberg DJ : Nonablative Facial Remodeling Erythema Reduction and Histologic Evidence of New Collagen Formation Using a 300-Microsecond 1064-nm Nd : YAG Laser. Arch Dermatol 140 : 1373-1376, 2004.
- 13) Manstein D, Herron GS, Sink RK, Tanner H, Anderson RR : Fractional Photothermolysis: A New Concept for Cutaneous Remodeling Using Microscopic Patterns of Thermal Injury. Lasers Surg Med 34 : 426-438, 2004.
- 14) Negishi K, Wakamatsu S, Kushikata N, Tezuka Y, Kotani Y, Shiba K : Full-Face Photorejuvenation of Photodamaged Skin by Intense Pulsed Light With Integrated Contact Cooling: Initial Experiences in Asian Patients. Lasers Surg Med 30 : 298-305, 2002.
- 15) 渡辺 晋一 : レーザー. 宮地良樹・松永佳世子・古川福実・宇津木龍一 (編) : 美容皮膚科学, pp.173-183, 南山堂 (東京), 2005.
- 16) Fitzpatrick TB : The validity and practicality of sun reactive skin types I through VI. Arch Dermatol 124 : 869-871, 1988.
- 17) Ho SG, Chan HH : The Asian dermatologic patient: review of common

pigmentary disorders and cutaneous diseases. Am J Clin Dermatol 10 : 153-168, 2009.

- 18) Luebberding S, Alexiades-Armenakas MR : Fractional, Nonablative Q-switched 1,064-nm Neodymium YAG Laser to Rejuvenate Photoaged Skin: A Pilot Case Series. J Drugs Dermatol 11 : 1300-1304, 2012

## 図脚注

図 1 顔面画像解析装置によるスコアの比較

(a. しみ b. しわ c. きめ d. 毛穴)

(青) 治療前, (緑) 治療後

\*  $p<.05$ , \*\*  $p<.01$ , \*\*\*  $p<.001$ , NS = not significant

図 2 分光光度計による  $L^*$  値の比較

(a. しみ b. 皮膚色)

(青) 治療前, (緑) 治療後

\*  $p<.05$ , \*\*  $p<.01$ , \*\*\*  $p<.001$ , NS = not significant

図 3 アンケート結果の分布図

図 4 症例 1 : 37 歳, Type III (a. 治療前 b. 治療後)

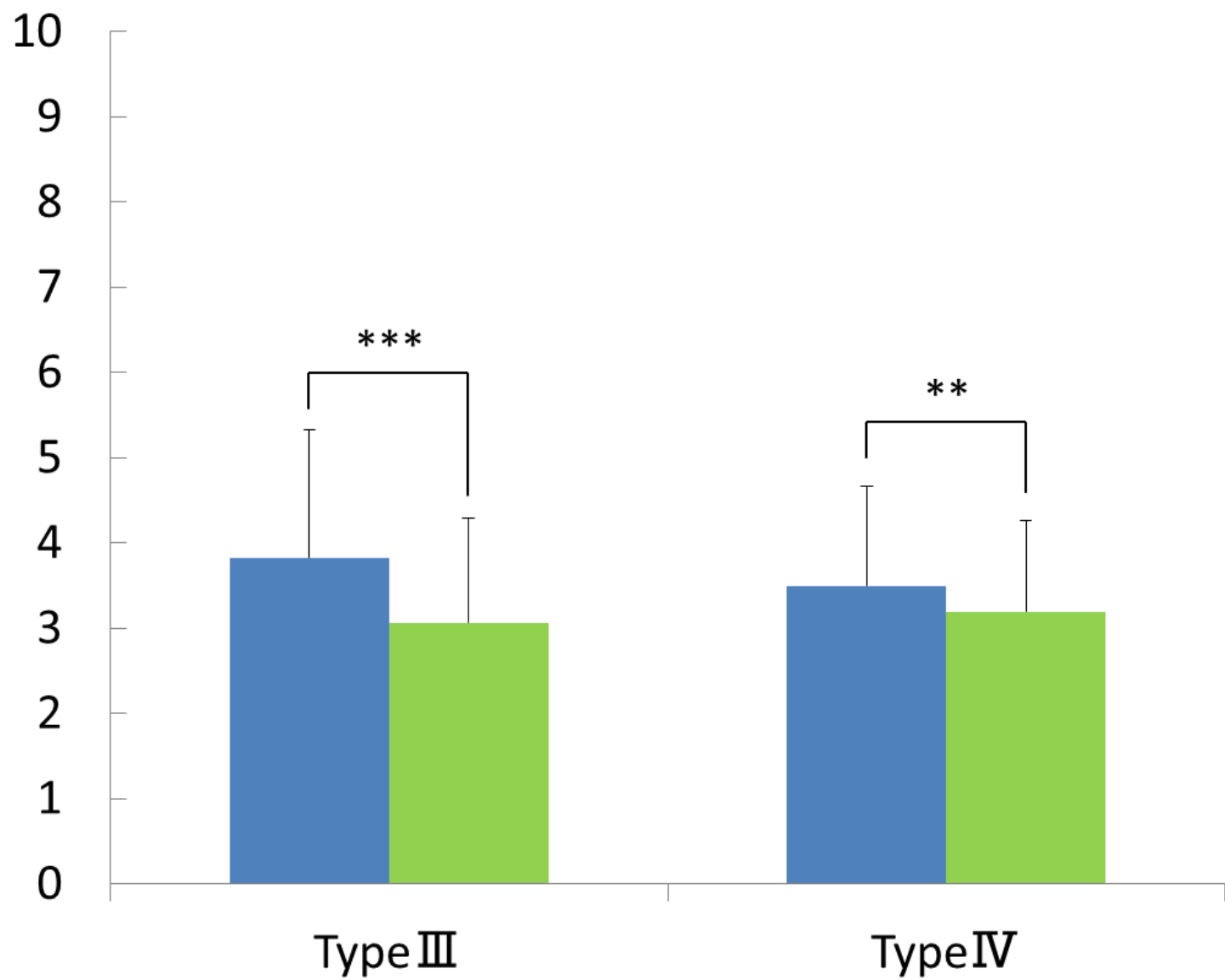
図 5 症例 25 : 63 歳, Type III

(a. 治療前－全顔 b. 治療後－全顔 c. 治療前－拡大 d. 治療後－拡大)

図 6 症例 18 : 46 歳, Type IV (a. 治療前 b. 治療後)

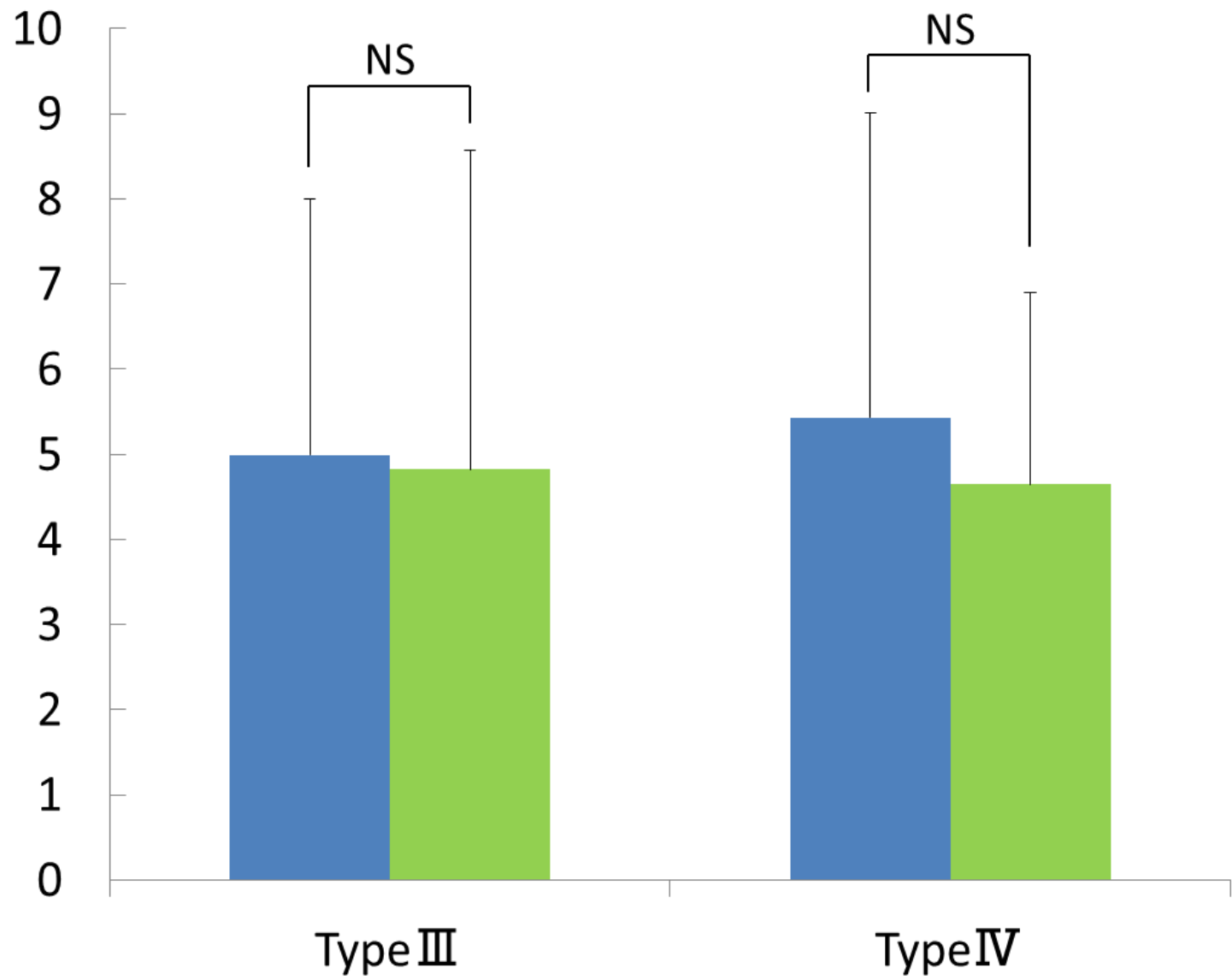


図1



a. しみ

図1



b. しわ

図1

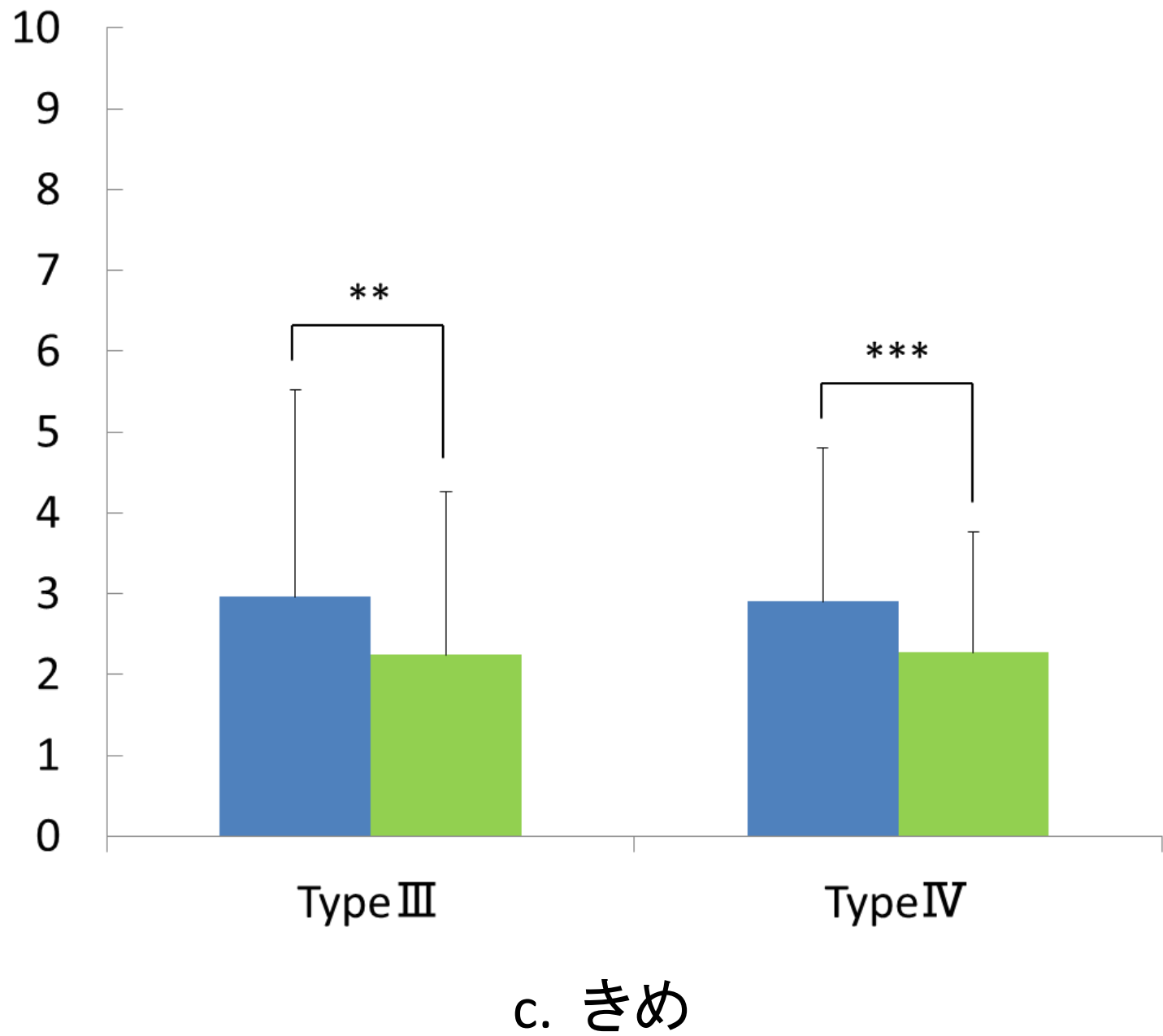
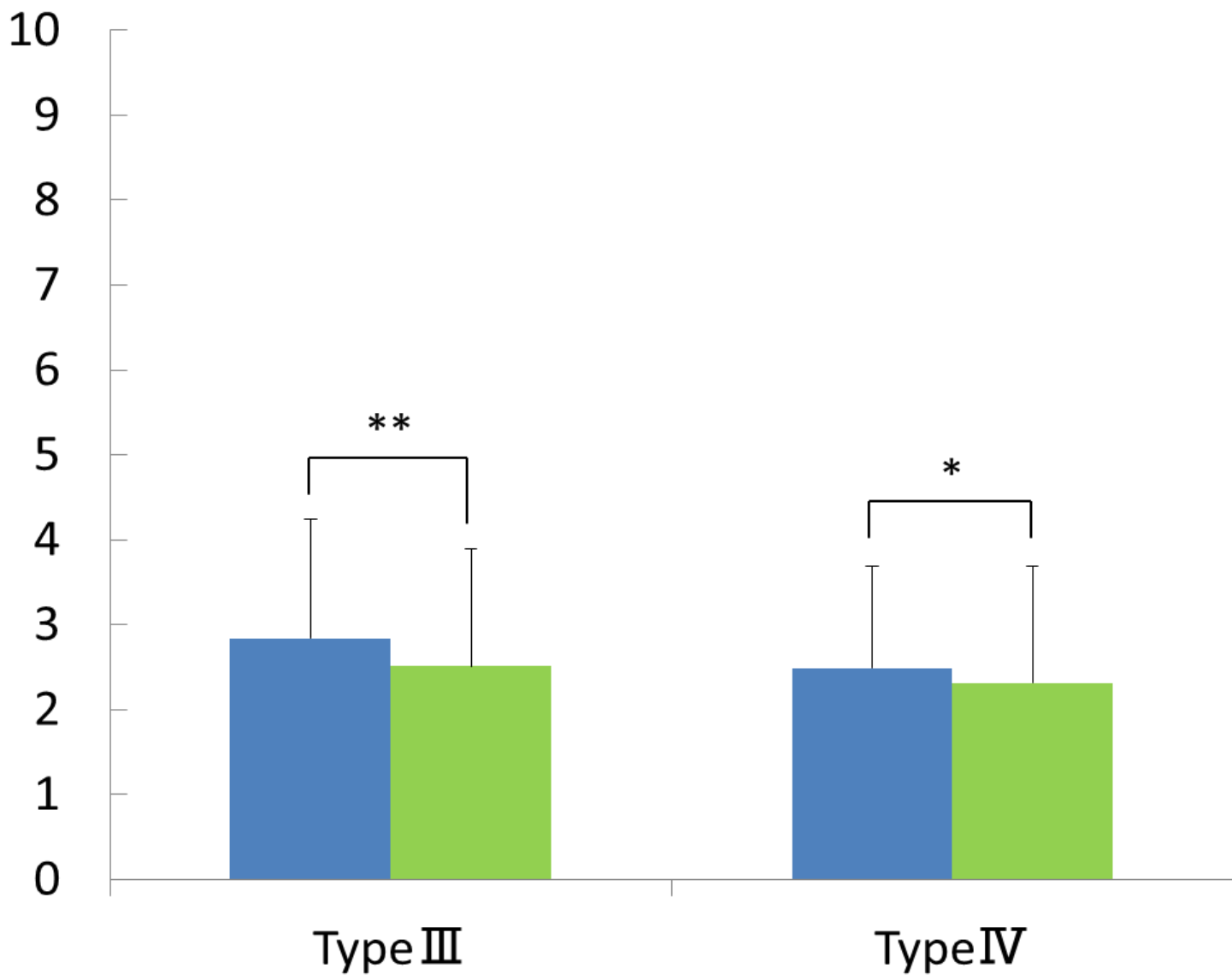
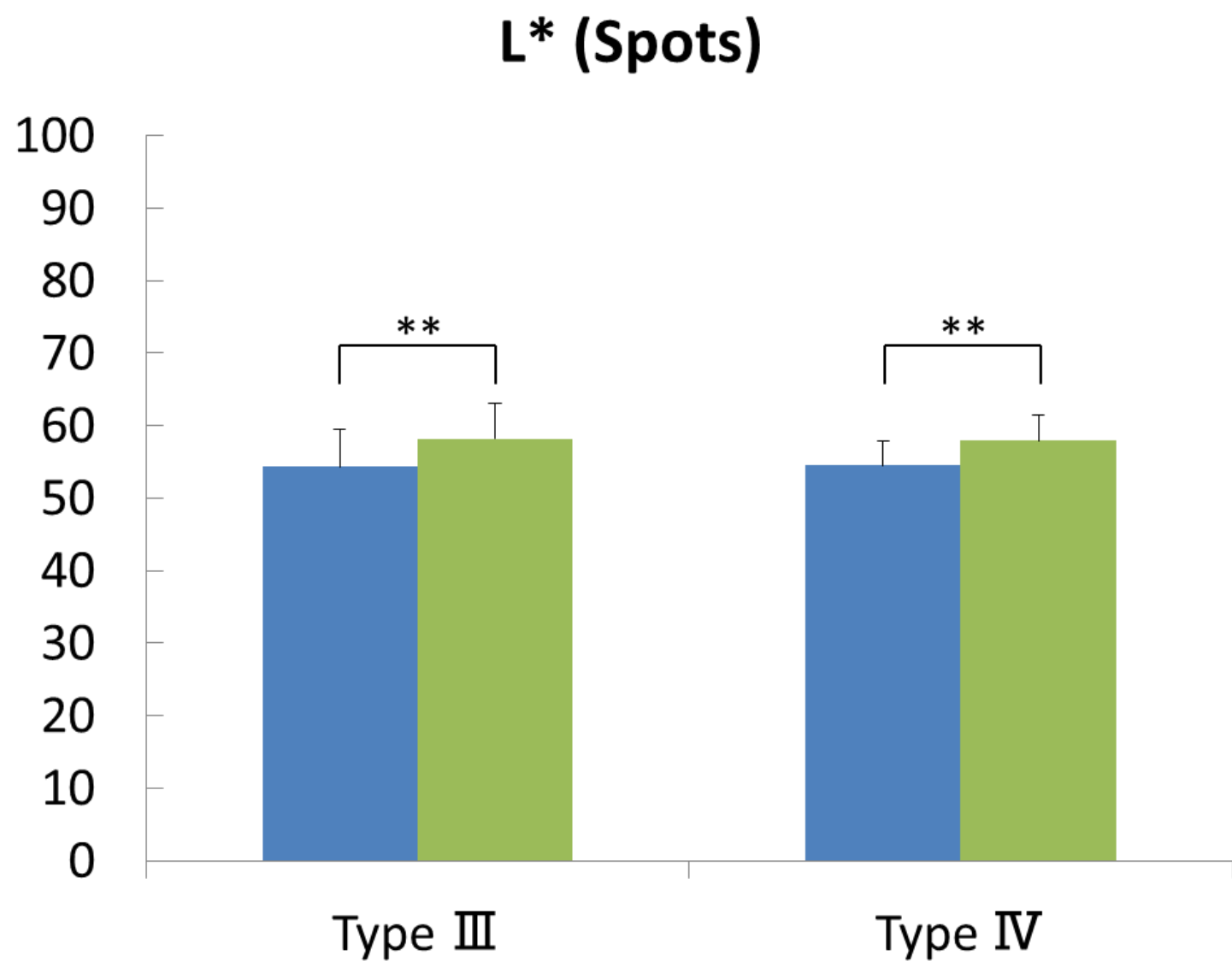


図1



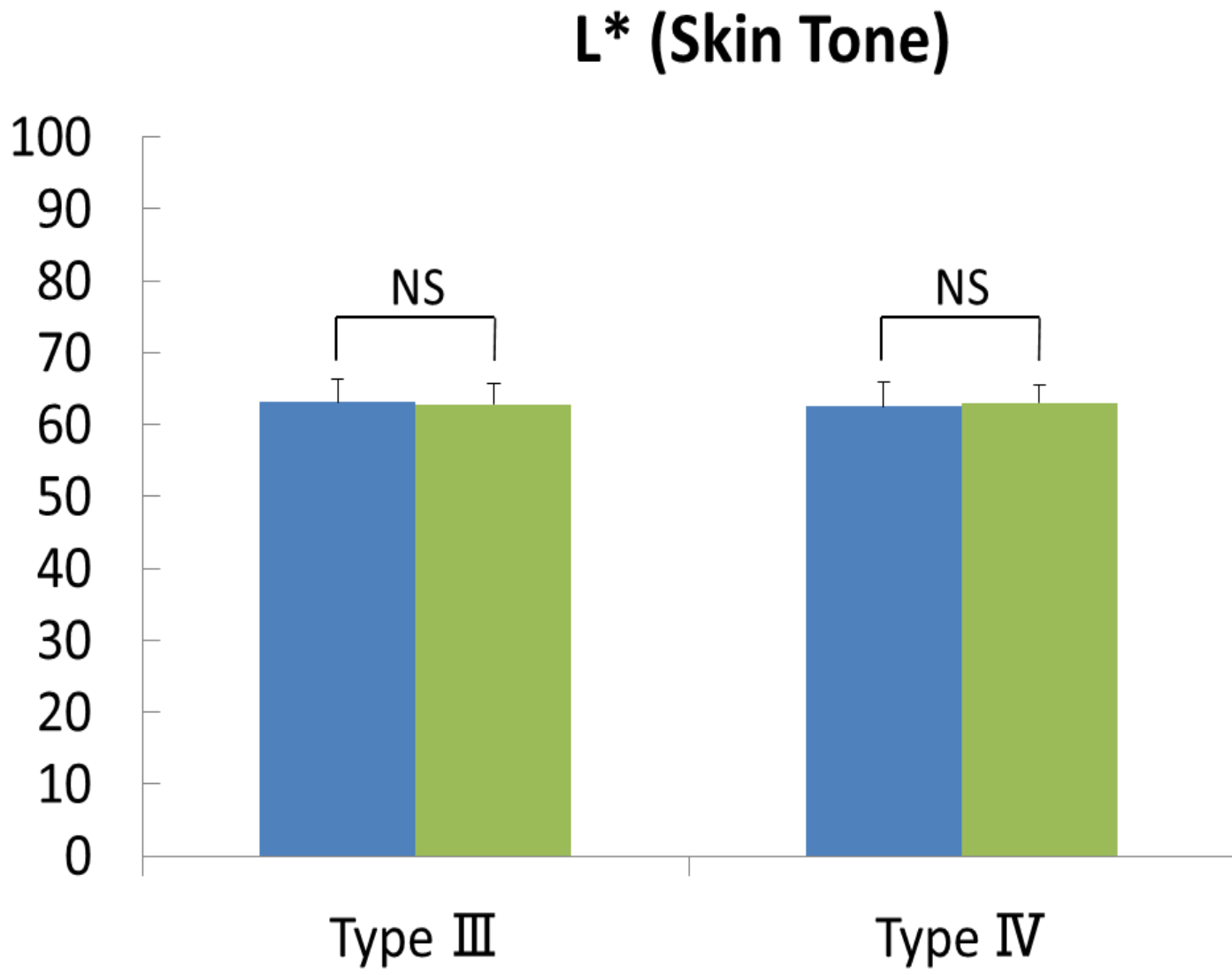
d. 毛穴

図2



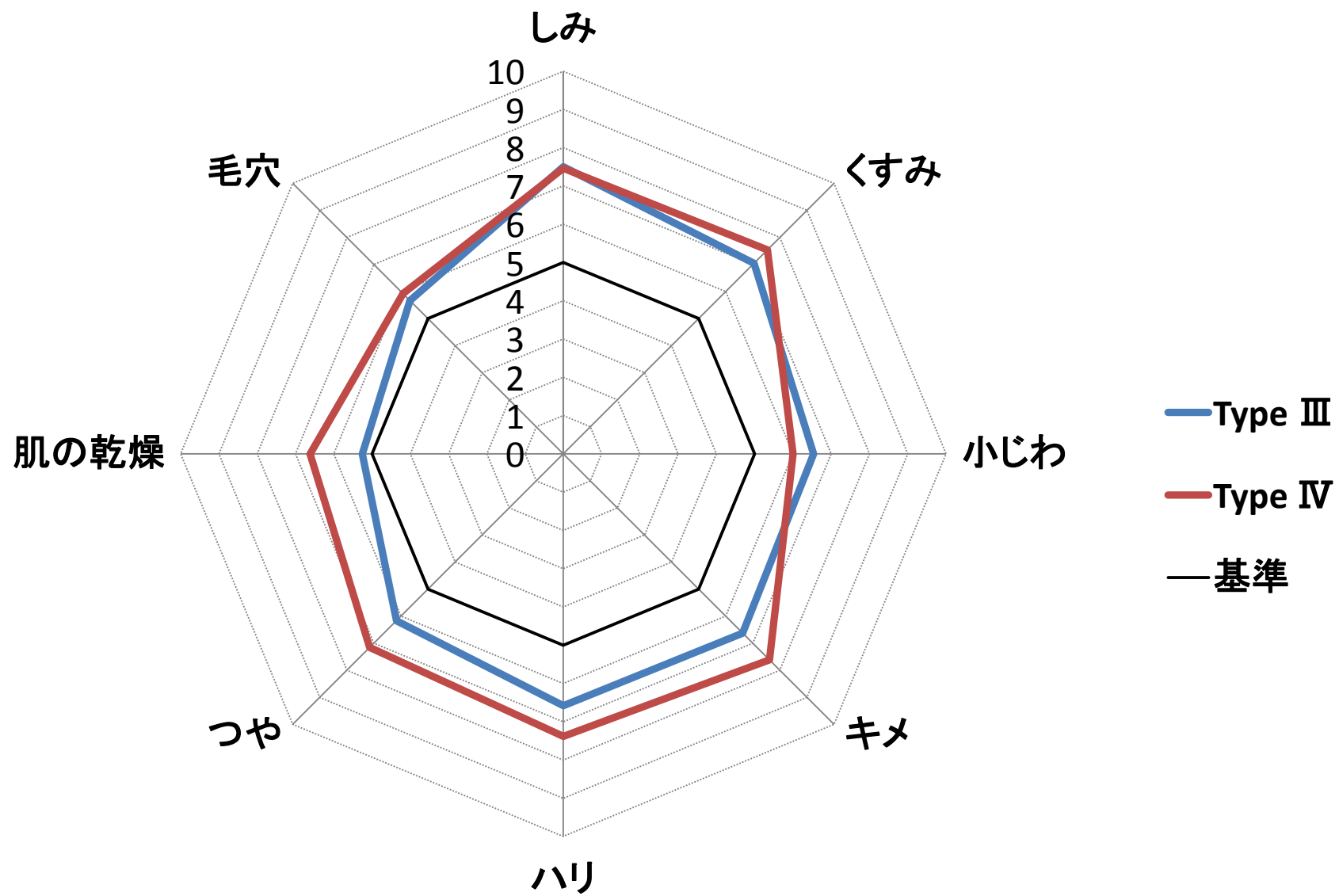
a. しみ

図2

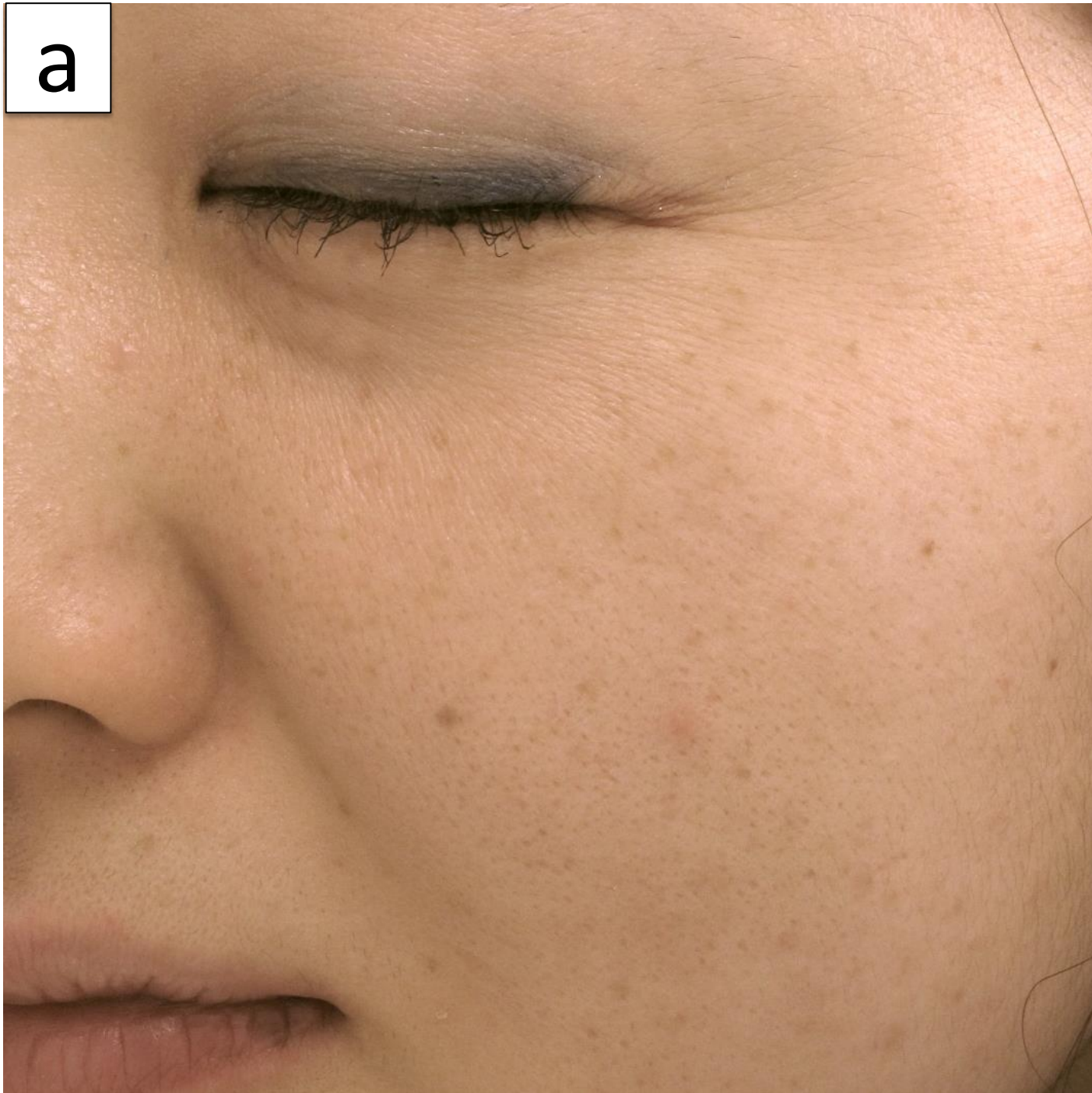


b. 皮膚色

図3

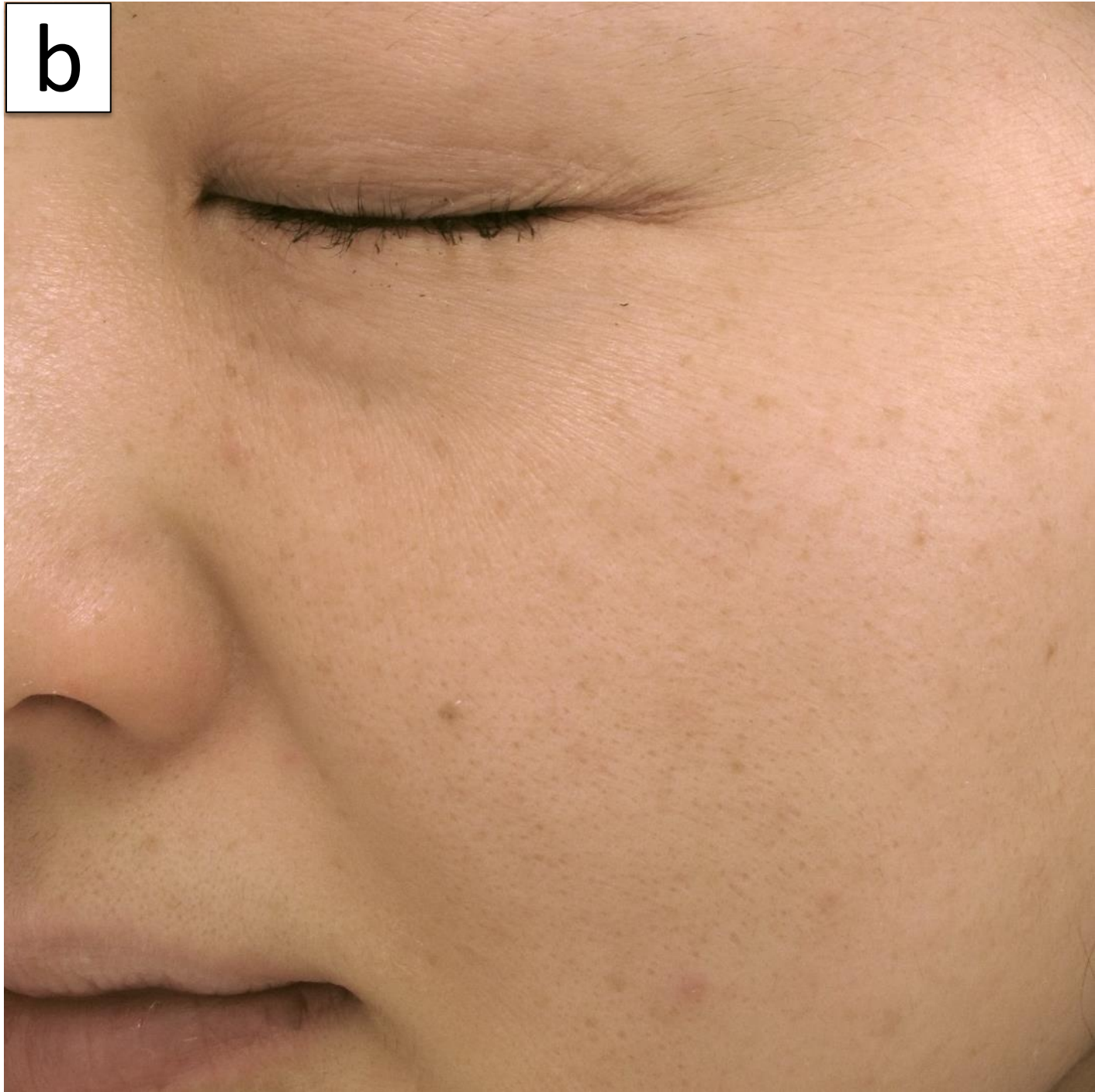


a





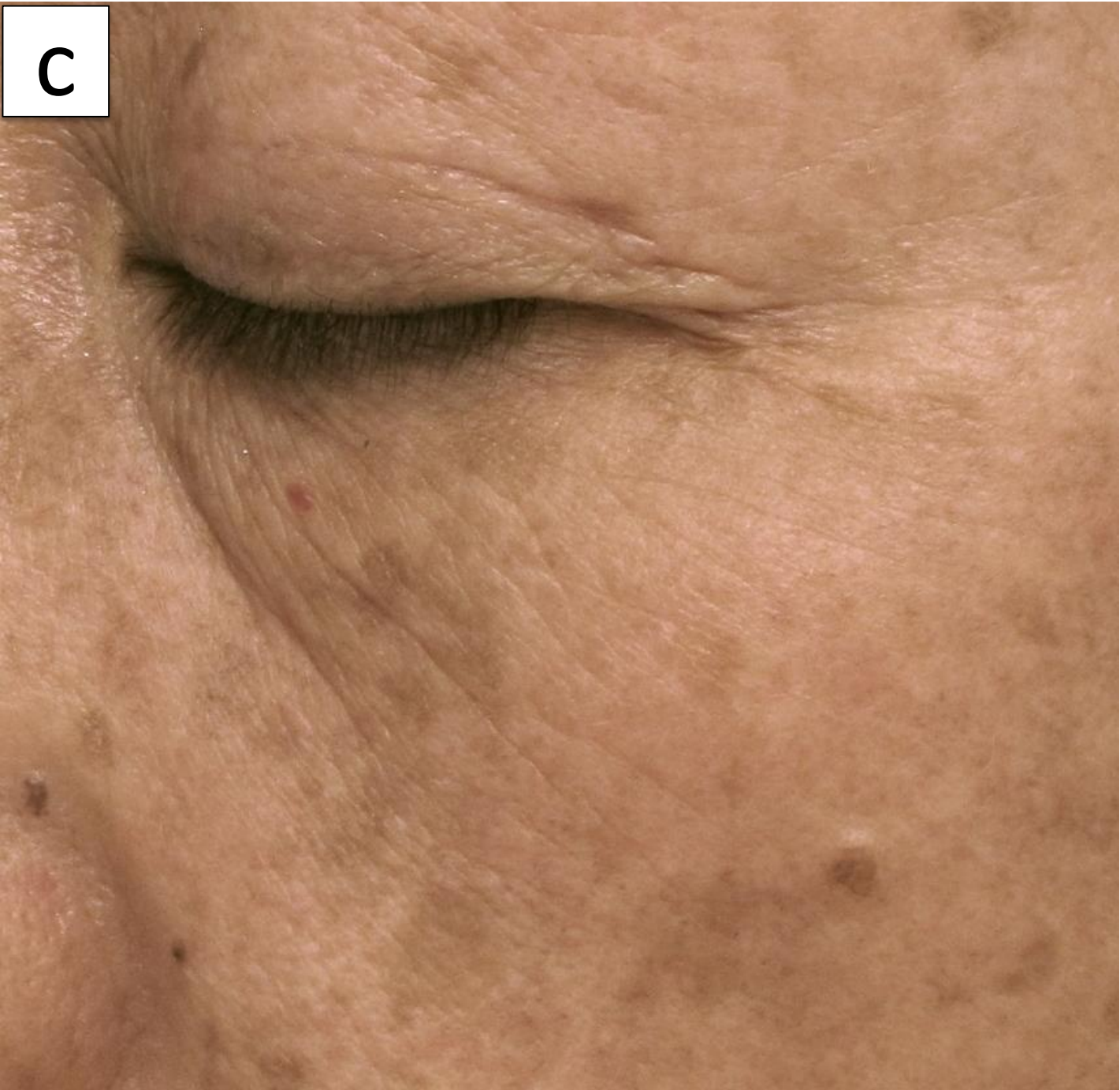
b











d



a





b

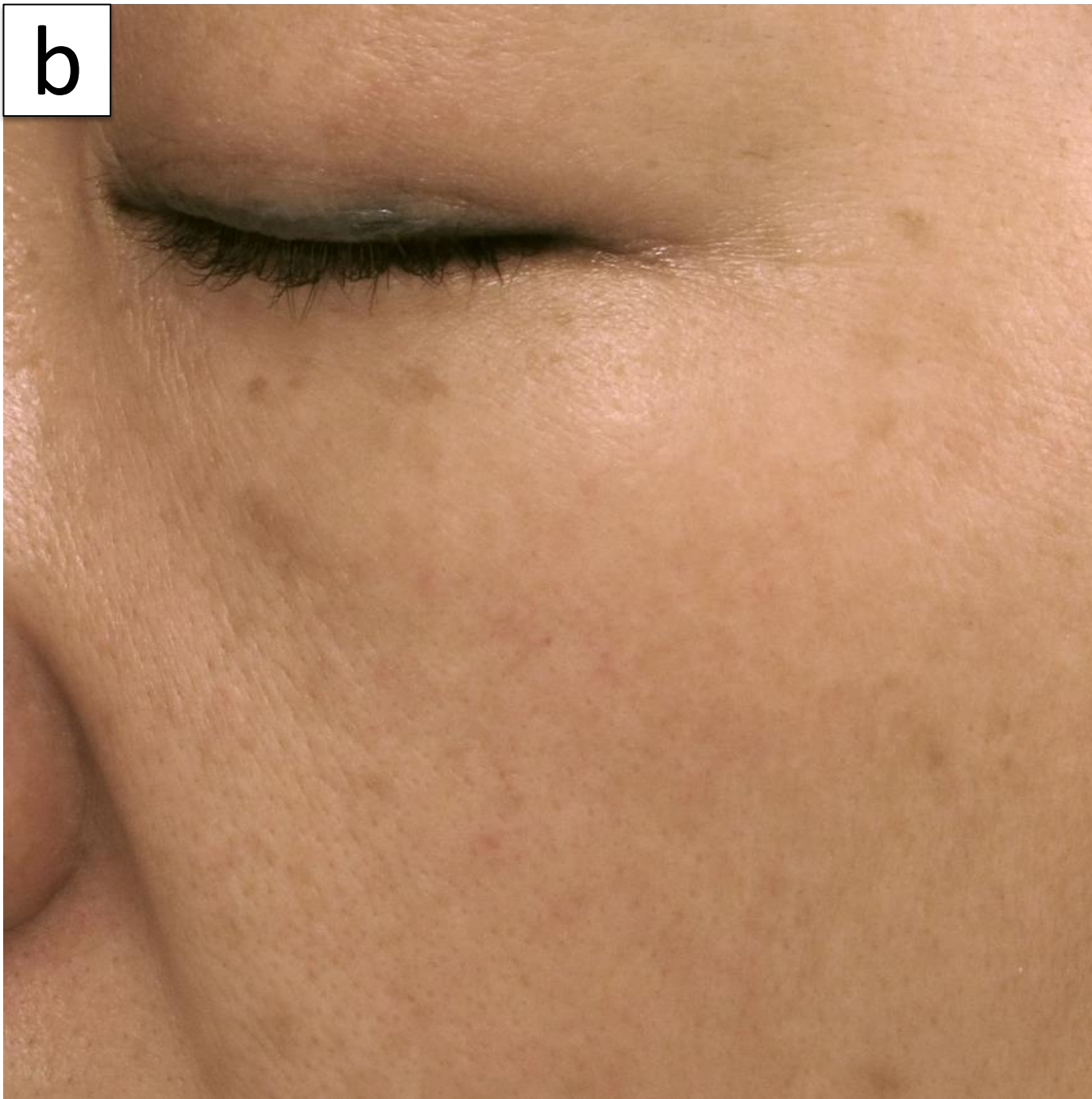


表1 Fitzpatrick Skin Type Ⅲ群とⅣ群の患者内訳

項目	Fitzpatrick Skin Type	
	Type Ⅲ群	Type Ⅳ群
患者数(人)	12	13
治療時平均年齢(歳)	46.0±7	44.1±4

( 平均±標準偏差 )



# 表2 治療用モジュールの仕様

モジュール	Intense pulsed light	Fractional Q-Switched 1064-nm Nd:YAG laser	Q-switched 532-nm Nd:YAG laser
光源	Flash Lamp	Q-Switched Nd:YAG	Q-Switched Nd:YAG (KTP)
波長	570 - 950 nm	1064 nm	532 nm
パルス幅	10, 12, 15 msec	20 nsec	20 nsec
パルス周波数	2/3 Hz	1, 2, 4 Hz	1, 2, 4 Hz
スポットサイズ	1 x 3 cm	5 x 5 mm (25 ドット)	3 mm 径

表3 各モジュールの照射スケジュール

モジュール	治療時期					
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
IPL	+	+	+	+	+	+
FQSW	+	+	+	+	+	+
KTP	-	(+)	-	-	-	-

# 表4 各モジュールの設定

モジュール	Intense pulsed light	Fractional Q-Switched 1064-nm Nd:YAG laser	Q-switched 532-nm Nd:YAG laser
パルス幅	15 msec	20 nsec (fix)	20 nsec (fix)
出力	16-18 J/cm <sup>2</sup>	1200 mJ/Pulse	500 mJ/Pulse
パルス周波数	2/3 Hz	4 Hz	1 Hz

表5 顔面画像解析装置による計測スコア

治療群	しみスコア(平均)			しわスコア(平均)			きめスコア(平均)			毛孔スコア(平均)		
	治療前	治療後	p	治療前	治療後	p	治療前	治療後	p	治療前	治療後	p
Type III群 (n = 12)	4.05±1.63	3.21±1.27	9.67 × 10 <sup>-5</sup>	5.29±3.07	4.91±3.61	0.41	2.96±2.45	2.19±1.94	0.0004	2.79±1.35	2.45±1.33	0.0006
Type IV群 (n = 13)	3.50±1.17	3.20±1.07	0.008	5.43±3.57	4.65±2.25	0.14	2.90±1.90	2.28±1.49	0.0005	2.49±1.21	2.32±1.37	0.015

(平均±標準偏差)

表6 分光光度計によるL\*値

治療群	L* 値(しみ)			L* 値(皮膚色)		
	治療前	治療後	p	治療前	治療後	p
Type III群 (n = 12)	54.3±5.2	58.2±4.8	0.008	63.1±3.2	62.8±2.8	0.15
Type IV群 (n = 13)	54.5±3.4	57.9±3.6	7.21 × 10 <sup>-6</sup>	62.6±3.4	63.0±2.5	0.15

( 平均±標準偏差 )

## 表7 炎症後色素沈着の患者内訳

治療群	PIH あり
	(人 / %)
Type III群 (n = 12)	1 / 8.3
Type IV群 (n = 13)	3 / 23.1